

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ**

**«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»  
XVIII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XVIII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**PROCEEDINGS  
of the XVIII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2023»**

**2023  
Астана**

**УДК 001+37**  
**ББК 72+74**  
**G99**

**«GYLYM JÁNE BILIM – 2023» студенттер мен жас ғалымдардың XVIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XVIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «GYLYM JÁNE BILIM – 2023» = The XVIII International Scientific Conference for students and young scholars «GYLYM JÁNE BILIM – 2023». – Астана: – 6865 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

**ISBN 978-601-337-871-8**

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

**УДК 001+37**  
**ББК 72+74**

**ISBN 978-601-337-871-8**

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2023**

Ключевыми движущими силами развития ММР являются удовлетворение потребности в гибком производстве электроэнергии для более широкого круга пользователей, замена устаревших блоков ТЭЦ, работающих на ископаемом топливе, повышение показателей безопасности и повышение экономической доступности.

Республика Казахстан имеет огромную территорию и большие расстояния между населенными пунктами, что делает передачу электроэнергии по сетям очень затратной. Внедрение малых модульных реакторов в энергетическую систему открывает возможность их широкого применения для удаленных регионов с менее развитой инфраструктурой и открывает возможности создания синергетических гибридных энергетических систем, сочетающих ядерные и альтернативные источники энергии, в том числе возобновляемые.

#### **Список использованных источников**

1. Промежуточный отчет Специального комитета президента Американского ядерного общества по вопросам лицензирования реакторов малой и средней мощности (ММР), Американское ядерное общество (июль 2010 г.)
2. U.S. Nuclear Regulatory Commission (2022), “Application Documents for the NuScale Design”, [www.nrc.gov/reactors/new-reactors/smr/licensing-activities/nuscale/documents.html](http://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/smr/licensing-activities/nuscale/documents.html) (данные от 12 марта 2023 г.)
3. МАГАТЭ, Water cooled reactors, <https://www.iaea.org/topics/water-cooled-reactors>, (данные от 15 марта 2023 г.)
4. POWER (2018), “NuScale and Ontario Power Generation Sign MOU to Support SMR Expansion to Canadian Market”, [www.powermag.com/press-releases/nuscale-and-ontario-power-generation-sign-mou-to-support-smr-expansion-to-canadian-market/](http://www.powermag.com/press-releases/nuscale-and-ontario-power-generation-sign-mou-to-support-smr-expansion-to-canadian-market/), (данные от 28 марта 2023 г.)
5. Thermal Power (MWth): Fermi (n.d.), “BWRX-300 Linda”, <https://fermi.ee/en/bwr-x-300/>, (данные от 28 марта 2023 г.)
6. Outlet Temperature (°C): Hyvärinen, J. and J. Vihavainen (2022), “BWRX-300 Isolation Condenser System Analysis”, Lahti University of Technology LUT, [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/164715/Pomogaev\\_thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/164715/Pomogaev_thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y), (данные от 28 марта 2023 г.)
7. American nuclear society, <https://www.ans.org/news/article-2719/overview-of-holtecs-smr160/>, (данные от 15 марта 2023 г.)
8. U.S. Nuclear Regulatory Commission (2021), <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/smr/licensing-activities/pre-application-activities/holtec.html>, (данные от 15 марта 2023 г.)

**ӘОЖ 536.25**

### **БЕЛСЕНДІ ТОТЫҚТЫРҒЫШЫ БАР АУА АҒЫНЫНДАҒЫ РЕАКТИВТІЛІГІ ТӨМЕН КӨМІРДІҢ ТҮТАНУЫ МЕН ЖАНУ ПРОЦЕСТЕРІН МОДЕЛЬДЕУ**

**Нұрғалиева Аяжан Ғалымжанқызы**

[nurgalieva\\_ayazhan@mail.ru](mailto:nurgalieva_ayazhan@mail.ru)

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ

М098 (7М07717) Жылу энергетика- ББТ магистранты, Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі –Сабденов К.О.

Реактивтілігі төмен қатты отынның тұтану және жану процестеріндегі құбылыстардың табиғаты өте күрделі және аз зерттелген. Осыған байланысты көрсетілген процестерді математикалық модельдеу әдістері ерекше мәнге ие болады [1, 2].

Бұл жұмыста көміртек реакциясының күрделі химиялық механизмін, ұшқыш заттардың бөліну және жану кинетикасын, жанып тұрған бөлшектердің жылу және масса алмасу ерекшеліктерін және т.б. ескеретін математикалық модельді белсендірілген

тотықтырғыштың әсерін ескере отырып қарастырамыз. Тотықтырғыштың белсенділігі төмен калориялы қатты отындардың тұтану және жану процестерін қарқындандыру факторларының бірі болып табылады.  $O_2$  молекуласының қозуы және негізгі күйден жоғары энергетикалық күйге өтуі кезінде синглетті  $O_2$  түзіледі. Синглетті оттегі фотохимиялық жолмен, қозғалған фотосенсибилизатордан энергияның берілуі нәтижесінде түзілуі мүмкін. Бұл жағдайда жаңа гомологиялық қатардың наноструктурасы - фуллереналар мен фуллероидтар процестің катализаторлары бола алады, олар кинетикалық тиімділігі едәуір көп, олармен жанасатын ауаның молекулалық оттегінің синглеттік-қозған күйінің пайда болуының фотофизикалық реакцияларына ықпал етеді.

Көмір шаңының жануын есептеу зерттеулері көбінесе көміртегінің кейінгі жануын есепке алмай  $CO_2$ -ге, кейде  $CO$ -ға тікелей жанады деген болжамға негізделген [3, 4]. Бұл есептеу әдістемесін айтарлықтай жеңілдетеді. Дегенмен, қазіргі уақытта есептеу әдістерінің дамуы күрделірек мәселені шешуге және математикалық модельді қатты отынды жағу процесінің нақты шарттарына жақындатуға мүмкіндік береді. Бөлшектің қатты массасы газ фазасының оттегімен әрекеттесіп,  $CO$  және  $CO_2$  түзеді. Өз кезегінде көміртек оксиді (II) газ фазасында оттегімен химиялық қосылысқа түседі.

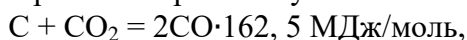
Модельді құрастыру және отынның тұтану және жану процестерін талдау кезінде бөлшектің бетінде болатын гетерогенді реакциялар және бөлшекті қоршап тұрған көлемде болатын біртекті реакциялар мынадай қорытынды реакциялар бойынша алынады:

- көміртегі тотығы (II) және көміртек тотығы (IV) бір мезгілде түзілуімен байланысты көміртегінің оттегімен реакциясы, оны екі соңғы реакция теңдеуімен жазуға болады:



және  $2C + O_2 = 2CO + 2 \cdot 123,3 \text{ МДж/2 моль},$

- көміртек оксидінің (IV) көміртегімен әрекеттесуі:



- оттегінің көміртегі тотығымен (II) реакциясы:



Алғашқы екі процесс гетерогенді болып табылады. Олар үшін газ тәріздес реагенттердің реакцияға түсетін көміртегі бетіне диффузиялық берілуі ерекше маңызға ие. Үшінші процесс гомогендік процесс болып табылады. Көміртекті активтендірілген оттегімен біріктірудің химиялық процесі көміртектің жануындағы негізгі болып табылады, сондықтан оны біріншілік реакция деп атайды, ал көміртегі оксидінің жануы (II) және көміртегі оксидінің (IV) тотықсыздануы екінші реттік реакциялар болып табылады.

Процестің мынадай логикалық моделін қабылдайық:

1) реакция сфералық отын бөлшектерінің бетінде жүреді; газ тәріздес ортадағы бөлшек тыныштықта немесе онымен бірдей жылдамдықпен қозғалады;

2) бөлінетін ұшқыш заттардың жануы және толық емес жану өнімдерінің жануы газ ортасының көлемінде болады;

3) жүйеден жылудың конвективті берілуі болмайды, ал радиациялық жылу алмасу реакцияға түсетін қоспаның сәулелендіргішпен әрекеттесуі арқылы модельденеді, оның температурасы тұрақты деп есептеледі; газ тәріздес ортамен әрекеттесетін бөлшектердің жылу алмасуы конвекциялық және диффузиялық жылу өткізгіштікпен жүреді.

Бөлшектің бетінде өтетін химиялық әсер ету жылуы конвекциямен және қоршаған газ ортасына диффузиялық жылу өткізгіштігімен, радиациямен сәулелендіргішке беріледі және бөлшектің өзін одан әрі қыздыруға ішінара жұмсалады. Нәтижесінде бөлшектің температурасы жоғарылайды және бұл жоғарылау неғұрлым қарқынды болса, химиялық реакция соғұрлым қарқынды болады және газ ортасына жылу азаяды. Реакция барысында

бөлшек диаметрі азаяды, бөлшектің температурасы, газ ортасының температурасы мен құрамы өзгереді.

Ұсынылған жану процесінің логикалық моделі және қабылданған болжамдар келесі дифференциалдық теңдеулер жүйесі түріндегі математикалық модельге сәйкес келеді.

1. Бөлшектен ұшқыш заттардың бөліну кинетикасының теңдеуі

$$\frac{dV_B^r}{d\tau} = (V^r - V_B^r)k_{O_2}\alpha_L.$$

Мұндағы  $V^r$ ,  $V_B^r$  және  $(V^r - V_B^r)$  - бастапқыда жанғыш массаның құрамында болатын, одан белгілі бір уақыт ішінде бөлінетін  $\tau$  және ағымдағы сәтте бөлшектердің құрамында болатын ұшқыш заттардың мөлшері, кг/кг;  $k_{O_2}$  - тотықтырғышты белсендіру есебінен ұшқыш заттардың бөліну жылдамдығының жоғарылауын ескеретін коэффициент;  $\alpha_L$  - ұшпа жану жылдамдығының тұрақтысы, 1/с;  $T$  - бөлшектің ағымдағы температурасы, К;  $\tau$  - уақыт, с.

2. Газ тәріздес ортада ұшпа заттардың жануының кинетикалық теңдеуі

$$\frac{dV_C^r}{d\tau} = (V_B^r - V_C^r)k_{O_2}\alpha_{cл}.$$

Бұл теңдеуде  $V_C^r$  және  $(V_B^r - V_C^r)$  -  $\tau$  уақыт ішінде реакцияға түскен (жанып кеткен) ұшпа заттардың мөлшері, кг/кг отын және қазіргі кездегі газ ортасының құрамындағы ұшпа заттардың мөлшері, кг/кг;  $\alpha_{cл} = k_o e^{-E_o/RT_r}$  - ұшпа жану жылдамдығының тұрақтысы, 1/с.

3. Бөлшектердің жануы үшін жылу балансының теңдеуі

$$\begin{aligned} & [(Q'_1\varepsilon\alpha_1 + Q'_2\alpha_2)C_R - Q'_{21}\alpha_{21}C_{2R}] \times k_{O_2} \frac{273}{T_r} - k_{O_2} \left[ \alpha C_R + \frac{44}{32}\alpha_{21}C_{2R} \right] \times \\ & \times \frac{273}{T_r} c_r \frac{1}{\rho_r} (T - T_r) - Nu \frac{\lambda}{\delta} (T - T_r) - \sigma_0 a \varphi (T^4 - T_{об}^4) - \frac{1}{6} \delta \rho_k c_k \frac{dT}{d\tau} = 0. \end{aligned}$$

Мұндағы:  $Q'_1, Q'_2$  және  $Q'_{21}$  - CO және CO<sub>2</sub> түзілу реакцияларының жылу эффектілері, сонымен қатар 1 кг оттегіге қатысты CO<sub>2</sub> қалпына келтіру, кДж/кг O<sub>2</sub>;  $\alpha_1, \alpha_2$  және  $\alpha_{21}$  - CO, CO<sub>2</sub> түзілу және CO<sub>2</sub> тотықсыздану реакцияларының жылдамдық константалары, м/с;

$\alpha = \varepsilon\alpha_1 + \alpha_2$  - жану реакциялары бойынша оттегінің жалпы тұтыну жылдамдығының тұрақтысы (1), 1/с;  $\varepsilon = 1 + C_0 + C_2^0$  - реакция кезінде моль санының өсуін ескеретін коэффициент (1);  $C_0$  және  $C_2^0$  - әрекеттесетін қоспадағы оттегі мен көміртегі оксидінің (IV) бастапқы концентрациясы, кг O<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>;  $C_R$  және  $C_{2R}$  - оттегінің құрамы арқылы көрінетін бөлшек бетіндегі оттегі мен көміртек оксидінің (IV) концентрациясы, кг O<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>;  $\delta, \rho_k$  - бөлшектің ағымдағы диаметрі мен тығыздығы, м және кг/м<sup>3</sup>;  $c_k$  және  $c_r$  - бөлшектің жылу сыйымдылығы, кДж/(кг·К) және газ ортасы 0 °C және 0, 1013 МПа, кДж/(м<sup>3</sup>·К);  $\rho_r$  - газ тығыздығы 0 °C және 0, 1013 МПа, кг/м<sup>3</sup>;  $Nu$  - термиялық Нусельт критерийі;  $\lambda$  - газ ортасының жылу өткізгіштік коэффициенті, кВт/(м·К);  $\sigma_0$  - қара дененің сәуле шығару қабілеті, кВт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>);  $a, \varphi$  - сәулелену және сәуле шығару коэффициенті;  $T$  және  $T_r$  - бөлшектің және газ ортасының ағымдағы температуралары, К;  $T_{об}$  - сәулелендіргіштің температурасы.

4. Кокс бөлшектерінің жану теңдеуі

$$\frac{d\delta}{d\tau} = - \frac{273}{\rho_k T_r} \frac{24}{32} k_{O_2} [(2\varepsilon\alpha_1 + \alpha_2)C_R + \alpha_{21}C_{2R}].$$

5. Газ тәріздес орта үшін жылу балансының теңдеуі

$$(V_B^r - V_C^r)\alpha_{cл}Q_L(1 - W^r - A^r) \frac{1}{V_{cm}} + \chi'_{12}C_1Q'_{12} + \left[ \left( \frac{56}{32}\varepsilon\alpha_1 + \frac{44}{32}\alpha_2 \right) C_R + \frac{56}{32}\alpha_{21}C_{2R} \right] \frac{273}{T_r} \times$$

$$\times \frac{6\delta^2(1 - W^r - A^r) c_{\Gamma}}{\delta_0^3 \rho_{\kappa} V_{\text{CM}}} (T - T_{\Gamma}) + \frac{6Nu\lambda\delta}{\delta_0^3 \rho_{\kappa} V_{\text{CM}}} (1 - W^r - A^r)(T - T_{\Gamma}) - \\ - \sigma_0 a_{\phi} (S/V)_{\phi} (T^4 - T_{06}^4) \frac{T_{\Gamma}}{273} = c_{\Gamma} \frac{dT_{\Gamma}}{d\tau}.$$

Мұндағы  $Q_{\text{л}} = \frac{Q_{\text{н}}^r - Q_{\kappa}(1 - W^r - A^r)(1 - V^r)}{(1 - W^r - A^r)V^r}$  - ұшқыш заттардың жылулық құндылығы, кДж/кг;  $Q_{\text{н}}^r$  - отынның төменгі жану жылуы, кДж/кг;  $W^r$  және  $A^r$  - бірлік үлесте отынның ылғалдылығы мен күлділігі, кг/кг;  $Q'_{12}$  - 1 кг  $O_2$ , келтірілген  $CO$  жану реакциясының жылу әсері, кДж/кг  $O_2$ ;  $\chi'_{12}$  - реакция жылдамдығының тұрақтысы (3), 1/с;  $C_1$  - көлемдегі  $CO$  концентрациясы, кг  $O_2/m^3$ -де көрсетілген;  $a_{\phi}$  - газ ортасының қаралық дәрежесі;  $(S/V)_{\phi}$  - газ ортасының беті мен көлемі арасындағы қатынас, 1/м.

6. Оттегі концентрациясының теңдеуі

Теңдеу бөлшектердің бетінде  $CO$  және  $CO_2$  түзілу реакцияларында белсендірілген оттегінің шығынын және көлемдегі  $CO$  мен ұшпа заттардың тотығуын ескереді.

$$\frac{dC}{d\tau} = - \left[ k_{O_2} (\epsilon\alpha_1 + \alpha_2) C_R \frac{273}{T_{\Gamma}} (1 - W^r - A^r) \frac{6\delta^2}{\delta_0^3 \rho_{\kappa} V_{\text{CM}}} + (V_B^r - V_C^r) k_{O_2} \alpha_{\text{сл}} V_{\text{л}}^0 (1 - W^r - A^r) \frac{C_B^0}{V_{\text{CM}}} + \chi'_{12} C_1 \right].$$

мұндағы  $V_{\text{л}}^0$  - ұшқыш заттарды жағу үшін ауаның теориялық қажетті мөлшері,  $m^3/kg$ ;

7. Көміртек оксидінің концентрациясын өзгерту теңдеуі (IV)

Теңдеуде көміртегінің бөлшек бетіндегі тотығуы,  $CO$  және көлемдегі ұшқыш заттардың тотығуы есебінен көміртек оксиді (IV) концентрациясының жоғарылауы ескерілген:

$$\frac{dC_2}{d\tau} = (\alpha_2 C_R - \alpha_{21} C_{2R} k_{O_2} \frac{273}{T_{\Gamma}} \frac{6\delta^2}{\delta_0^3 \rho_{\kappa}} (1 - W^r - A^r) \frac{1}{V_{\text{CM}}} + \chi'_{12} C_1 + \\ + (V_B^r - V_C^r) k_{O_2} \alpha_{\text{сл}} V_{\text{л}}^0 (1 - W^r - A^r) \frac{C_B^0}{V_{\text{CM}}}.$$

Ұсынылған теңдеулерге енгізілген бөлшектер бетіндегі оттегі  $C_R$  және көміртегі тотығы (IV)  $C_{2R}$  концентрациялары айнымалы мәндер екенін атап өткен жөн, ағымдағы мәндері газ ортасының көлеміндегі сәйкес концентрациялардың бастапқы мәндерімен анықталады және функционалдық реакция процесінің өзіне тәуелді. Теңдеудің барлық мүшелерінің өлшемі  $kg/(cm^3 \cdot K)$  болады.

Осы функционалдық тәуелділіктің нақты болуы шекті жағдайлар жүйесімен бірге оттегінің, көміртек оксидінің (II) және жанатын бөлшекті қоршаған кеңістікте көміртек оксидінің (IV) концентрациялық өрістерін сипаттайтын сызықтық емес дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешуді талап ететін күрделі міндет болып табылады.

Бұл модельді компьютерде енгізу көміртегі бөлшектерінің белсендірілген тотықтырғышпен және газ фазасының өнімдерімен әрекеттесу табиғатын зерттеуге, сондай-ақ активтендірілген синглетті ауа оттегінің реакция кинетикасына әсерін зерттеуге мүмкіндік береді.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Основы практической теории горения / под ред. В.В. Померанцева. Л., 1986. 312 с.
2. Горение углерода / под ред. А.С. Предводителева. М., СССР, 1949. 407 с.
3. Лавров Н.В. Физико-химические основы процесса горения топлива М., 1971. 275 с.

4. Виленский Т.В., Хзмалян Д.М. Динамика горения пылевидного топлива М., 1978. 248с.
5. Liu G.E., Law C.K. Combustion of coal-water slurry droplets // Fuel. – 1986. – V. 65. – P. 171–176.
6. Ahn K.Y., Baek S.W., Choi C.E. Investigation of a coal-water slurry droplet exposed to hot gas stream // Combust. Sci. and Tech. – 1994. – V. 97. – P. 429–447.
7. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1968. – 592 с.
8. Зельдович Я. Б., Баренблатт Г. И., Либрович В. Б., Махвиладзе Г. М. Математическая теория горения и взрыва. – М.: Наука, 1980. – 480 с.

## УДК 620.9

### ҚАЗІРГІ ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУ ЖОЛДАРЫ

**Сарсенбекова Дәмелі Болатбекқызы**

[damelisarsenbekova@mail.ru](mailto:damelisarsenbekova@mail.ru)

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Электр энергетикасы» кафедрасының 2 курс магистранты, Астана, Қазақстан  
Ғылыми жетекшісі –Саттинова З.К.

Бұл мақалада әдебиеттерге шолу негізінде энергия үнемдейтін технологиялар мен энергияны үнемдеу әдістері зерттелді. Энергияны пайдалану тиімділігін арттыруда негізгі рөл заманауи энергия үнемдейтін технологияларға тиесілі. Бұл энергия шығындарын азайтады. Мақалада талданған нәтижелер көрсетілген.

**Кіріспе** Энергия үнемдеу – бұл техникалық мүмкін болатын, экономикалық негізделген, экологиялық және әлеуметтік жағынан қолайлы, әдеттегі өмір салтын өзгертпейтін инновациялық шешімдерді қолдану арқылы энергия ресурстарын тиімді пайдалану. Бұл анықтама БҰҰ-ның халықаралық энергетикалық конференциясында (MIREC) тұжырымдалған. Өртүрлі салаларда энергияны үнемдеу қажетсіз энергия шығындарын азайтуға әкеледі. Электр энергиясын өндіру, бөлу және тұтыну саласындағы ысыраптарды талдау ысыраптардың басым бөлігі (90%-ға дейін) энергияны тұтыну саласында, ал электр энергиясын берудегі ысыраптар небәрі 9-10%-ды құрайтынын көрсетеді. Сондықтан энергияны үнемдеу бойынша негізгі күштер электр энергиясын тұтыну саласында шоғырланған. Энергия үнемдеу технологиялары бірден бірнеше мәселені шешуге мүмкіндік береді: энергия ресурстарының айтарлықтай бөлігін үнемдеуге, отандық тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық мәселелерін шешуге, өндіріс тиімділігін арттыруға және қоршаған ортаға жүктемені азайтуға мүмкіндік береді.

#### **Энергияны пайдалану тиімділігін арттыруда негізгі рөлі**

Энергияны пайдалану тиімділігін арттыруда негізгі рөл заманауи энергия үнемдейтін технологияларға тиесілі. Энергия үнемдейтін технология – отын-энергетикалық ресурстардың (ОЭК) жоғары тиімділігімен сипатталатын жаңа немесе жетілдірілген технологиялық процесс [1].